

HO

①

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平3-41926

⑬ Int. Cl.³

A 61 B 5/00
10/00

識別記号

1 0 2 A
V

庁内整理番号

7916-4C
7831-4C

⑭ 公開 平成3年(1991)2月22日

審査請求 有 請求項の数 4 (全13頁)

⑮ 発明の名称 睡眠の状態変化検出装置および睡眠状態制御装置

⑯ 特 願 平1-176425

⑰ 出 願 平1(1989)7月7日

⑱ 発 明 者	小 山 恵 美	大阪府門真市大字門真1048番地	松下電工株式会社内
⑲ 発 明 者	道 盛 章 弘	大阪府門真市大字門真1048番地	松下電工株式会社内
⑲ 発 明 者	萩 原 啓	大阪府門真市大字門真1048番地	松下電工株式会社内
⑳ 出 願 人	松下電工株式会社	大阪府門真市大字門真1048番地	
㉑ 代 理 人	弁理士 石田 長七	外2名	

明 細 書

1. 発明の名称

睡眠の状態変化検出装置および睡眠状態
制御装置

2. 特許請求の範囲

(1) 単位時間あたりの脈拍数または呼吸数を測定して各時刻の生体情報値とする計測部と、計測時刻を設定する計測時刻設定部と、動作開始時から上記計測時刻までの間の生体情報値の時系列の増加傾向を示す第1の変動量および上記生体情報値の時間的変動を示す第2の変動量に基づいて睡眠状態の変動傾向を表す変動指数を出力する変動指標演算部と、所定の閾値を超える変動指数の分布密度の大小に基づいてノンレム睡眠期とそれ以外の状態とを識別する睡眠指数を与える睡眠指数算出部とを具備して成ることを特徴とする睡眠の状態変化検出装置。

(2) 計測初期における生体情報値に基づいて安静覚醒時における生体情報値とみなせる基準値を設定する基準値設定部と、生体情報値が上記基準

値に基づいて設定された所定の閾値以下になった時刻を入眠時刻と推定する入眠時刻推定部とが付加されて成ることを特徴とする請求項1に記載の睡眠の状態変化検出装置。

(3) 上記睡眠指数がノンレム睡眠期以外であることを示すときに、生体情報値と生体情報値の移動平均値とのうちのいずれか一方が当該区間内のある割合以上の点列において、上記基準値以上であるときに覚醒期と判定し、それ以外のときにはレム睡眠期と判定する睡眠状態判定部を備えて成ることを特徴とする請求項2に記載の睡眠の状態変化検出装置。

(4) 請求項3に記載の睡眠の状態変化検出装置を備え、生体に対して覚醒刺激を与えることができる覚醒刺激発生装置と、起床時刻が設定できる起床時刻設定部と、起床時刻の前に少なくとも1回設定された計測時刻における睡眠の状態に対応して覚醒刺激発生装置の動作を設定する覚醒刺激制御部と、覚醒刺激発生装置の動作後に計測された生体情報値に基づいて再入眠したと判定される

と覚醒刺激発生装置を再動作させる再入眠判定部とを具備して成ることを特徴とする睡眠状態制御装置。

3. 発明の詳細な説明

【産業上の利用分野】

本発明は、脈拍数や呼吸数のように比較的容易に得られる生体の活動情報に基づいて生体の睡眠状態の変化を検出する睡眠の状態変化検出装置および睡眠状態制御装置に関するものである。

【従来の技術】

一般に、人間の睡眠状態は一晚を通じて一様ではなく、ノンレム睡眠期とレム睡眠期とのサイクルが周期的に数回出現し、その周期が100分程度(80～120分)であることが従来より知られている。各サイクルでは、ノンレム睡眠期において浅い睡眠から深い睡眠へと睡眠状態が次第に移行し、しばらく深い睡眠状態が持続した後、再び浅い睡眠状態となり、その後、レム睡眠期が出現するという変化のしかたが一般的である。また、各サイクルにおけるノンレム睡眠期の睡眠の深さ

の変化は相対的であり、入眠から覚醒にかけてサイクル毎に睡眠深度が浅くなる。

ところで、上述のような睡眠の状態変化を検出すれば、その状態に応じて入眠を促進したり、心地よく目覚めさせたりするように適宜の刺激を与えることができる。

睡眠の状態変化を検出するには、脳波、眼球運動、筋電、心電などを含む睡眠ポリグラフを用いればよいが、装置が大掛りであり、研究室や病院などの計測設備を備えた場所でしか利用できず、健康機器のように日常的に使用する用途には不向きである。そこで、睡眠ポリグラフに代わる手段によって睡眠の状態変化を精度よく検出することが望まれている。

このような要求に応えるために、睡眠中の脈拍数や呼吸数に着目し、これらの変化から睡眠の状態変化を検出することが考えられている。すなわち、夜間睡眠においては、単位時間あたりの脈拍数や呼吸数は、入眠とともに減少し、覚醒時期が近づくにつれて増加することが知られている。ま

た、ノンレム睡眠期では単位時間あたりの脈拍数や呼吸数が安定しているが、レム睡眠期には自律神経系の活動状態に乱れが生じるから脈拍数や呼吸数が著しく変動し、多くの場合に増加傾向が見られるということが知られている(第6図に一例を示す)。ここに、第6図(a)におけるREMはレム睡眠、I～IVはノンレム睡眠における睡眠深度を示し、IはIVよりも睡眠深度が浅い状態を示している。

このような知見に基づいて、レム睡眠期を検出するようにした従来構成としては、特開昭63-283623号公報や特開昭63-205592号公報に開示されているように、脈拍数の増減を指標とするもの、あるいは、特開昭63-19161号公報に開示されているように、脈拍数の時間的変動を指標とするものがある。

また、入眠時期を検出する従来構成としては、就床以降の脈拍数の増減を指標とするもの(特開昭63-82673号公報)や、脈拍数を脈波レベルの積分値と合わせて脈波1個あたりのエネルギー

を算出し、このエネルギーの増減を指標とするもの(特開昭63-150047号公報)が知られている。

あるいはまた、快適な目覚めが得られるようにした目覚まし装置として、設定した起床時刻の前の脈拍周期の変化によりレム睡眠期の終了を推定してアラームを発生するもの(特開昭63-19161号公報)が知られている。

【発明が解決しようとする課題】

上記従来構成では、脈拍数の増減と時間的変動とのいずれかを指標とすることにより、レム睡眠期、入眠時期などを判別していたものであるから、実際の睡眠の状態変化との一致率に個人差がかなりあり、睡眠ポリグラフに比較して精度がかなり悪いという問題を有していた。

また、レム睡眠期の終了を推定してアラームを発生する目覚まし装置では、アラームを発生した後には、睡眠の状態変化の検出を停止してしまうから、その後、確実に覚醒したかどうかはわからず、アラームの発生後に使用者が再度入眠してし

まうことがあるという問題を有していた。

本発明は上記問題点の解決を目的とするものであり、脈拍数や呼吸数の増減傾向と時間的変動とを織り込んだ睡眠指数を用いることにより、睡眠の状態変化を精度よく検出することができるようにした睡眠の状態変化検出装置を提供し、また、使用者を快適かつ確実に目覚めさせることができるようにした睡眠状態制御装置を提供しようとするものである。

【課題を解決するための手段】

本発明では、上記目的を達成するために、単位時間あたりの脈拍数または呼吸数を測定して各時刻の生体情報値とする計測部と、計測時刻を設定する計測時刻設定部と、動作開始時から上記計測時刻までの間の生体情報値の時系列の増加傾向を示す第1の変動量および上記生体情報値の時間的変動を示す第2の変動量に基づいて睡眠状態の変動傾向を表す変動指数を出力する変動指標演算部と、所定の閾値を超える変動指数の分布密度の大小に基づいてノンレム睡眠期とそれ以外の状態と

対応して覚醒刺激発生装置の動作を設定する覚醒刺激制御部と、覚醒刺激発生装置の動作後に計測された生体情報値に基づいて再入眠したと判定されると覚醒刺激発生装置を再動作させる再入眠判定部とを設けることにより、睡眠状態制御装置を構成することができる。

【作用】

請求項1の構成によれば、動作開始時から上記計測時刻までの間の生体情報値の時系列の増加傾向を示す第1の変動量および上記生体情報値の時間的変動を示す第2の変動量に基づいて睡眠状態の変動傾向を表す変動指数を求め、さらに、所定の閾値を超える変動指数の分布密度の大小に基づいてノンレム睡眠期とそれ以外の状態とを識別するようにしているから、生体情報値の増加傾向と時間的変動とが織り込まれることになり、睡眠の状態変化を精度よく検出することができるようになるのである。

また、請求項2の構成によれば、計測初期における生体情報値に基づいて安静覚醒時における生

を識別する睡眠指数を与える睡眠指数算出部とを具備しているのである。

また、計測初期における生体情報値に基づいて安静覚醒時における生体情報値とみなせる基準値を設定する基準値設定部と、生体情報値が基準値に基づいて設定された所定の閾値以下になった時刻を入眠時刻と推定する入眠時刻推定部とを付加するのが望ましい。

さらに、睡眠指数がノンレム睡眠期以外であることを示すときに、生体情報値と生体情報値の移動平均値とのうちのいずれか一方が当該区間のある割合以上の点列において、上記基準値以上であるときに覚醒期と判定し、それ以外のときにはレム睡眠期と判定する睡眠状態判定部を設けるとよい。

また、請求項3に記載の睡眠の状態変化検出装置とともに、生体に対して覚醒刺激を与えることができる覚醒刺激発生装置と、起床時刻が設定できる起床時刻設定部と、起床時刻の前に少なくとも1回設定された計測時刻における睡眠の状態に

生体情報値とみなせる基準値を設定する基準値設定部と、生体情報値が基準値に基づいて設定された所定の閾値以下になった時刻を入眠時刻と推定する入眠時刻推定部とを付加しているから、入眠時刻が精度よく判定できるのであって、入眠刺激を与える装置を制御する場合に有用な情報が得られることになる。

さらに、請求項3の構成によれば、睡眠指数がノンレム睡眠期以外であることを示すときに、生体情報値と生体情報値の移動平均値とのうちのいずれか一方が当該区間のある割合以上の点列において、上記基準値以上であるときに覚醒期と判定し、それ以外のときにはレム睡眠期と判定する睡眠状態判定部を設けているから、覚醒刺激を与える装置を制御する場合に有用な情報が得られることになる。

また、請求項3に記載の睡眠の状態変化検出装置とともに、生体に対して覚醒刺激を与えることができる覚醒刺激発生装置と、起床時刻が設定できる起床時刻設定部と、起床時刻の前に少なくとも

も1回設定された計測時刻における睡眠の状態に対応して覚醒刺激発生装置の動作を設定する覚醒刺激制御部と、覚醒刺激発生装置の動作後に計測された生体情報値に基づいて再入眠したと判定されると覚醒刺激発生装置を再動作させる再入眠判定部とを設けることにより、睡眠状態制御装置を構成した請求項4の構成によれば、計測時刻における睡眠の状態に対応して最適な覚醒刺激を与えることができるから、心地よく目覚めさせることができる。しかも、再入眠判定部を設けることにより、覚醒刺激発生装置の動作後も継続して睡眠状態を計測するとともに、再度入眠しようとするとき再度覚醒刺激を与えることにより、使用者を確実に目覚めさせることができるのである。

【実施例】

本実施例では、生体の活動状況の指標となる生体情報値として脈拍数を用いているが、呼吸数でも同様の処理を行うことができるのはもちろんのことである。

第1図に基本構成を示す。脈波センサ(図示せ

により制御され、計測を開始するときに始動スイッチ4を操作すると、スイッチ要素SWはオン状態に設定される。また、この始動信号は、計測部1、入眠刺激発生装置5にも入力されており、計測部1では単位時間が30秒に設定され、入眠刺激発生装置5は入眠刺激を生体を与えるように動作する。入眠刺激発生装置5は、睡眠状態への移行を促進するような刺激を発生する装置であり、たとえば、ゆったりとした楽曲が数分でフェイドアウトするような音刺激、鎮静作用があるといわれている成分を含む芳香刺激(ラベンダーの香りなど)、その他、振動刺激、光刺激などを発生させるものであり、これらの刺激を単独もしくは組み合わせで用いるように構成されている。

基準脈拍数設定部2では、第2図(a)のような処理を行うことにより体動などによる雑音(すなわち、アーチファクト(artifact))を除去し、始動時から入眠までの間の安静覚醒時における脈拍数とみなせる基準脈拍数H_rを基準値として算出する。すなわち、基準脈拍数設定部2では、計測

ず)としては、たとえば、指先や耳たぶなどの血流量の変化を光の透過率あるいは反射率の変化として検出する光学センサが用いられる。脈波センサの出力は、FM変調による無線伝送あるいは有線伝送により本体装置に伝送される。本体装置では、脈波センサから伝送された脈波信号を受信して計測部1に入力する。計測部1では、波形整形を行うことによりパルス状の信号を得た後、単位時間毎のパルス数を計数し、計数値を単位時間あたりの脈拍数H(i)として出力する。パルス数を計数する単位時間は、計測開始から後述する入眠信号が得られるまでの間は30秒とし、入眠信号が発生してから計測終了までの間は1分とする。この脈拍数H(i)には生体の体動などによる雑音成分の影響が含まれているが、脈拍数の変動傾向を知るには十分である。

計測部1から出力される脈拍数H(i)は、スイッチ要素SWを介して基準値設定部である基準脈拍数設定部2に入力される。スイッチ要素SWは、始動スイッチ4の操作により出力される始動信号

部1から出力された脈拍数H(i)の値を6個ずつ(すなわち、3分ごとに)まとめて演算を行い、6個の値の平均値に対して±3以内の値が4個以上ある状態になれば、脈拍数H(i)の変動が小さい安定状態であると判断し、平均値に対して±3を超える値を除去した残りの値により回帰分析を行う(第2図(b))。すなわち、回帰分析により時間の経過に対する脈拍数H(i)の変化傾向を表す回帰線を求める。ここで、回帰線の傾きである回帰係数aが、設定された負の閾値a₀に対して、 $a < a_{00} < 0$ という条件を満たすときには、脈拍数H(i)が減少傾向にあると判断し、回帰分析を行ったデータの上記平均値に対して±3以内である値のうちの最初の2個の和を基準脈拍数H_rとする。また、上の条件を満たさないときには、上記平均値の2倍の値を基準脈拍数H_rとする。以上のようにして、脈拍数H(i)の時間的変化が少なくなった時点で1分あたりの脈拍数としての基準脈拍数H_rが設定される。つまり、安静覚醒時には脈拍数H(i)が安定するという知見に基づき、脈拍数

$H(i)$ が安定状態になった時点で基準脈拍数 H_r を設定するわけである。

基準脈拍数設定部2から出力される安静覚醒時の脈拍数に対応する基準脈拍数 H_r は、入眠時刻推定部3に入力される。入眠時刻推定部3では、基準脈拍数 H_r に対して80~95%(たとえば、93%)の値を閾値として設定する。その後、入眠時刻推定部3では、基準脈拍数設定部2と同様の処理により、脈拍数 $H(i)$ が減少傾向であるかどうかの判定を行い、減少傾向であるときに、入力された脈拍数 $H(i)$ が上記閾値以下になると、その時刻に入眠したと判定して入眠信号を出力する。この入眠信号が発生すると、スイッチ要素 S がオフになり、また、計測部1で脈拍数を計数する単位時間が30秒から1分に変更される。さらに、入眠信号は、入眠刺激発生装置5の動作を停止させるとともに、負荷制御部6をオフ状態に制御する。すなわち、負荷制御部6は、外部負荷をオン・オフ制御するのであって、通常はオン状態に設定されており、入眠信号を受けるとオフ状

態になるのである。したがって、負荷制御部6に外部負荷として接続された各種電気機器(テレビや照明など)の消し忘れを防止することができ、睡眠が妨げられないようにすることができるのである。

ところで、上述のようにして求めた脈拍数 $H(i)$ と基準脈拍数 H_r とは、変動指標演算部7に入力される。変動指標演算部7は、脈拍数 $H(i)$ の移動平均値 $A(i)$ を求める移動平均算出部8と、脈拍数 $H(i)$ および移動平均値 $A(i)$ に基づいて変動指数 $C(i)$ を求める変動指数算出部9とからなる。移動平均算出部8では、計測部1から出力された1分あたりの脈拍数 $H(i)$ を記憶するとともに、各時刻の前後 τ 分(たとえば、 $\tau=5$)ずつの範囲の移動平均値を逐次演算する。すなわち、実時間で演算を行っているとするれば、演算時点の τ 分前の時刻の移動平均値を求めていることになる。ここにおいて、入眠信号が発生する前には計測部1から30秒ごとに脈拍数 $H(i)$ が出力されているから、入眠信号が発生するまでの間は、変動指数

算出部9では脈拍数 $H(i)$ を2個ずつ加算して単位時間あたりの脈拍数 $H(i)$ とする。また、移動平均値を求める各値について、移動平均値を求める範囲内の他のすべての値との差をとり、その差が所定の閾値 ϵ (たとえば、 $\epsilon=3$)を超えた個数が、移動平均値を求める範囲内の値の個数の7割を超える場合には、その値を異常値として除去する。すなわち、移動平均値を求めるときに異常値があれば、異常値を除去した平均値を移動平均値とする。これにより、体動などにより値が急激に変化した場合の雑音成分の影響を移動平均値から除去することができる。また、移動平均値を求める時刻の値が異常値であるときには、その時刻の前後においてそれぞれもっとも近接した一対の非異常値の間を直線補間し、直線補間によって求めた値を移動平均値に代える。さらに、始動時から2 τ 分の間は、移動平均値を求めることができないから、この期間は、基準脈拍数設定部2から出力された基準脈拍数 H_r を移動平均値に代える。

ところで、睡眠の状態変化は、装置の始動時か

ら起床時までの期間に、一定時間間隔で計測されるのであって、装置は上述したように始動スイッチ4の操作により始動する。一方、起床時刻および計測時刻は、始動スイッチ4の操作前に時刻設定部10であらかじめ設定しておく。睡眠状態の計測は睡眠中に少なくとも1回は行われ、希望する起床時刻を T_0 、計測の時間間隔を T_i とすれば、睡眠状態は、計測時刻 $t_n = T_0 - n \cdot T_i$ ($n=1, 2, \dots, N$)において計測されることになる。すなわち、睡眠状態の計測は設定された起床時刻 T_0 に対して時間 $n \cdot T_i$ だけ前から開始されるのである。また、時間間隔 T_i は、計測部1において設定された単位時間の整数倍に設定されるのであり、最小単位は1分となる。各計測時刻 t_n では、それぞれ始動時から計測時刻 t_n までの間に得られた脈拍数 $H(i)$ と移動平均値 $A(i)$ とを用いて変動指数算出部9で演算を行い、以下のようにして睡眠状態の判定を行う。

すなわち、変動指数算出部9は、第3図に示すように動作し、まず、移動平均値 $A(i)$ に基づい

て脈拍数 $H(t)$ の時間変化の傾向を示すトレンド線 $T_r(t)$ を求める。トレンド線 $T_r(t)$ は、時間の前進方向について所定時間ごとに移動平均値の最低値を求めて第1リズム線 R_1 とするとともに、時間の後退方向について所定時間ごとに移動平均値の最低値を求めて第2リズム線 R_2 とし、第1リズム線 R_1 と第2リズム線 R_2 とのうちの大きいほうの値を連結したものである。このようにして求めたトレンド線 $T_r(t)$ と、計測部1から出力された脈拍数 $H(t)$ との大小が比較され、トレンド線 $T_r(t)$ に対する脈拍数 $H(t)$ の増分 $I(t)$ が次式のようにして求められる。

$$H(t) \geq T_r(t) \text{ のとき } I(t) = H(t) - T_r(t)$$

$$H(t) < T_r(t) \text{ のとき } I(t) = 0$$

また、各時刻 t の前後 τ 分ずつの区間内での移動平均値 $A(t)$ からの脈拍数 $H(t)$ の差の二乗の平均の平方根(すなわち、この区間での標準偏差) $D(t)$ を次式のようにして求める。

$$D(t) = [\sum (H(t+j) - A(t))^2 / (2\tau + 1)]^{1/2}$$

ただし、 $j = [-\tau, \tau]$ 、かつ、 $0 \leq t+j \leq t$

したがって、変動指数値 $C(t)$ は、睡眠指数算出部11に設定されている閾値 C_{th} との大小関係が比較される。すなわち、閾値 C_{th} に対する変動指数値 $C(t)$ の大小関係により、睡眠指数 $S(t)$ を設定する。睡眠指数 $S(t)$ は次式のように定義する。

$$C(t) \geq C_{th} \text{ のとき } S(t) = 1$$

$$C(t) < C_{th} \text{ のとき } S(t) = 0$$

ここに、閾値 C_{th} は、変動指数値 $C(t)$ を大きいほうから順に並べ、上位20%が $S(t) = 1$ となるように設定される。すなわち、変動指数値 $C(t)$ の上位20%に対して $S(t) = 1$ が割り当てられ、下位80%に対して $S(t) = 0$ が割り当てられる。このように閾値 C_{th} を設定するのは、上述したように、変動指数値 $C(t)$ が睡眠状態に対応しており、変動指数値 $C(t)$ が大きい部分はレム睡眠に対応し、かつ、平均的な夜間の睡眠では、レム睡眠期が睡眠期間の約20%を占めているという知見に基づいている。

このようにして求めた睡眠指数 $S(t)$ は、たと

とする。

以上のようにして求めた増分 $I(t)$ と、標準偏差 $D(t)$ とを次式のように線形結合し、変動指数値 $C(t)$ とする。

$$C(t) = a_1 \cdot I(t) + a_2 \cdot D(t)$$

ここで、増分 $I(t)$ は標準偏差 $D(t)$ に比較すると、個人差が大きいから、重み a_1, a_2 は、 $a_1 < a_2$ という条件を満たすように設定される。一例として、 $a_1 = 1, a_2 = 2$ とした場合の出力例を第4図(f)に示す。第4図(a)~(e)は、それぞれ脈拍数 $H(t)$ 、移動平均値 $A(t)$ 、トレンド線 $T_r(t)$ 、増分 $I(t)$ 、標準偏差 $D(t)$ を示す。ノンレム睡眠期では脈拍数 $H(t)$ の変動が小さいから、変動指数値 $C(t)$ は小さな値になり、覚醒時やレム睡眠期には脈拍数 $H(t)$ の変動が大きいから、変動指数値 $C(t)$ は大きな値になる。すなわち、変動指数値 $C(t)$ は、脈拍数 $H(t)$ の増減と変動とを絡り込んだ指数であり、変動指数値 $C(t)$ の大小により、レム睡眠期とノンレム睡眠期とを区別することができるのである。

えば、第4図(g)のように分布する。この図では、 $S(t) = 1$ を黒線で表している。したがって、レム睡眠期および覚醒期の出現に対応して $S(t) = 1$ に対応する黒線の分布密度が高くなるのである。すなわち、レム睡眠期および覚醒期であるかどうかは、黒線の分布密度を判定すればよいということになるから、次の手順でレム睡眠期および覚醒期であることを判定する。

すなわち、まず、 $S(t) = 1$ となる点を時間の前進方向に順に調べ、各点について前後にそれぞれ k 分間の区間を設定し、この区間内に $S(t) = 1$ となる点が m 個以下である場合は、その点を不連続点であるとし、その点の値を0にする(第4図(b))。次に、残された点列について、 $S(t) = 1$ となる隣接した一対の点間に $S(t) = 0$ となる点が n 個以下であるときには、両点の間のすべての点の値を1にする。ここに、 $k = 15$ 、 $m = 3$ 、 $n = 15$ とした場合の睡眠指数算出部11の出力の例を第4図(i)に示す。このような処理により黒線の連続部分が得られるから、この連続部

分はレム睡眠期と覚醒期とを合わせたものと判定するのである。

以上のようにして求められた、脈拍数 $H(i)$ 、基準脈拍数 H_r 、移動平均値 $A(i)$ 、睡眠指数 $S(i)$ は、睡眠状態判定部 12 に入力される。睡眠状態判定部 12 では、拍動時から計測時刻 t_a までの間の睡眠状態を、まず睡眠指数算出部 11 の出力である睡眠指数 $S(i)$ に基づいて分類する。すなわち、睡眠指数 $S(i)$ が 0 であるときをノンレム睡眠期と判定し、睡眠指数 $S(i)$ が 1 である区間では、この区間内での脈拍数 $H(i)$ もしくは移動平均値 $A(i)$ と基準脈拍数 H_r とを比較し、上記区間内の値の半数以上について基準脈拍数 H_r のほうが大きければレム睡眠期、そうでなければ覚醒期であると判定する。睡眠指数 $S(i)$ は、レム睡眠期には 1 とし、覚醒期には 2 とする。また、レム睡眠期が終了した後から所定時間 T_s (たとえば、10 分) 内をレム睡眠直後期とする。このような処理により、睡眠指数算出部 11 から出力される睡眠指数 $S(i) = 1$ の期間を、レム睡眠期と覚醒

期、 $S(i) = 0$ の期間をレム睡眠直後期とノンレム睡眠期とに分類するのである。

以上のようにして得た脈拍数に基づいた睡眠の状態の判定結果と睡眠ポリグラフによる判定結果とを比較したところ 85% 以上の一致率が得られた。複数の専門医師がポリグラフを視察判定する場合でも 90% 程度の一致率にしか達せず、本発明のように睡眠状態を制御する目的で用いる場合には、80% 以上の一致率があれば十分に実用になるので、85% 以上の一致率ならば実用上はなんの問題も生じない。

以上のようにして得られた睡眠の状態変化に基づいて、覚醒刺激制御部 13 では、覚醒刺激を与える時刻や強度を設定する。すなわち、上述した計測時刻 $t_a (= T_s - n \cdot T_i)$ において、 $n = N, N-1, \dots, 1$ とすれば、 $N \cdot T_i$ は起床時刻を早める最大許容範囲であり、時刻 $T_s - N \cdot T_i (= T_p)$ の後、時間 T_i ごとに睡眠状態の計測が行われるのである。ここに、計測部 1 において睡眠中の脈拍数 $H(i)$ を計数する単位時間を T_s (上述の例

では 1 分) とすれば、 $T_p \leq T_i \leq T_s$ に設定される。このようにして時刻 T_p から時刻 T_s の間で時間間隔 T_i ごとに睡眠状態を判定すると、レム睡眠期が終了した場合(レム睡眠期からレム睡眠直後期に移行した場合)、レム睡眠直後期に移行しなかった場合、覚醒期に達した場合の 3通りのいずれかの結果が得られると考えられる。

レム睡眠期が終了した場合には、レム睡眠期の終了時点で覚醒信号を発生して覚醒刺激発生装置 14 を駆動する。覚醒刺激発生装置 14 としては、音刺激、芳香刺激(覚醒効果があるとされるミント系等の香り)、光刺激、振動刺激などを用いることができ、これらの刺激を組み合わせて用いることができ、これらの刺激を徐々に増大させるのが望ましい。とくに、レム睡眠直後期では、音刺激による覚醒効果が高いので、音刺激による刺激レベルは低レベルでよい。

一方、レム睡眠直後期に移行しなかった場合には、時刻 T_p において覚醒信号を発生して覚醒刺激発生装置 14 を駆動する。またこの場合には、

覚醒信号を発生した時点では、レム睡眠期もしくはノンレム睡眠期であると考えられるから、音刺激の刺激レベルの初期値を大きく設定する。

さらに、覚醒期に達した場合には、次のような処理を行う。すなわち、覚醒期を検出した場合に、時刻 T_s よりも早くても覚醒刺激を与えるようにするか、時刻 T_p に覚醒刺激を与えるようにするかを、時刻設定部 10 において使用者があらかじめ選択できるようにしてあり、この選択にしたがった動作をするのである。

ところで、覚醒刺激のうち、音刺激は覚醒効果の高い強刺激であり、光刺激や芳香刺激は弱刺激であると考えられる。そこで、時刻 T_p から弱刺激を与え、その後、上述した覚醒刺激を与える時点で強刺激を与えるようにしてもよい。

このように覚醒刺激を 2 段階で与えるようにすれば、次のような効果が得られる。たとえば、時刻 T_p から時刻 T_s の間にレム睡眠直後期に達しなかった場合には、上述した方法ではレム睡眠期やノンレム睡眠期で覚醒刺激を与えることになり、

レム睡眠直後期に覚醒刺激を与える場合に比較すれば、目覚め感が劣る場合がある。そこで、音刺激や振動刺激のような強刺激を時刻 T_0 で与えるのに先行して弱刺激を時刻 T_p より与えるようにして、使用者の睡眠状態を徐々に浅くしておけば、異なる種類の刺激の組み合わせにより、単独の刺激を時間制御する場合に比較して目覚め感が格段に向上することになる。

また、時刻 T_p から時刻 T_0 までに覚醒期に達した場合には、時刻 T_0 に先行して弱刺激を与えていることにより、睡眠が再び深くなるのを防止することができる。

以上のようにして、時刻 T_p から時刻 T_0 までの間の睡眠状態に応じて覚醒刺激を発生させる時刻やレベルを設定するのである。また、覚醒刺激発生装置14に覚醒信号が送出されると、負荷制御部6にも覚醒信号が入力され、負荷制御部6はオン状態になる。

ところで、覚醒刺激を与えても場合によっては、睡眠状態に再び移行してしまうことがあるから、

再入眠が防止できるように、再入眠判定部15を設け、入眠状態に再び移行する傾向にあるかどうかを判定する。再入眠判定部15では、入眠時刻検定部3と同様の処理により、脈拍数 $H(i)$ が減少傾向を示したり、所定期間内の平均脈拍数が基準脈拍数 H_r よりも小さくなったりすると、入眠状態に移行する傾向であると判定する。入眠状態に移行する傾向にあると判定された場合には、覚醒刺激発生装置14を継続的に動作させたり、刺激レベルを大きくしたりすることにより、確実に起床させるような覚醒刺激を与える。

睡眠状態判定部12で得られた睡眠指数 $S(i)$ は、睡眠状態記憶部16に記憶され、睡眠状態記憶部16にはディスプレイやプリンタ等の出力装置17が接続されている。したがって、起床後に出力装置17から第5図に示すような睡眠図を出力することができる。また、睡眠図以外にも、次のような各種メッセージを表示ないし印刷するようにしてもよい。メッセージとしては、「昨晚の睡眠時間は〇時間〇分でした。」、「就寝時刻は〇

時〇分、入眠時刻は〇時〇分、起床時刻は〇時〇分。」、あるいは、レム睡眠期の回数に基づいて、「昨夜は夢を〇回見ました。」、「昨夜は途中で〇回目が覚めたようです。」、「寝つきは〇分くらいでした。」などとすればよい。また、出力装置17として音声出力装置を用いることにより、合成音声によるメッセージも可能である。さらに、脈拍数 $H(i)$ 、基準脈拍数 H_r 、閾値 C_1 などを睡眠状態記憶部16に記憶させておけば、睡眠の状態変化を再生することができるのである。このように、睡眠の状態変化を可視的なし可聴的に出力することにより、使用者の健康管理に役立つような情報を得ることができるのである。

(発明の効果)

本発明は上述のように、請求項1の構成では、単位時間あたりの脈拍数または呼吸数を測定して各時刻の生体情報値とする計測部と、計測時刻を設定する計測時刻設定部と、動作開始時から上記計測時刻までの間の生体情報値の時系列の増加傾向を示す第1の変動量および上記生体情報値の時

間の変動を示す第2の変動量に基づいて睡眠状態の変動傾向を表す変動指数を出力する変動指標演算部と、所定の閾値を越える変動指数の分布密度の大小に基づいてノンレム睡眠期とそれ以外の状態とを識別する睡眠指数を与える睡眠指数算出部とを具備しているものであり、動作開始時から上記計測時刻までの間の生体情報値の時系列の増加傾向を示す第1の変動量および上記生体情報値の時間的変動を示す第2の変動量に基づいて睡眠状態の変動傾向を表す変動指数を求め、さらに、所定の閾値を越える変動指数の分布密度の大小に基づいてノンレム睡眠期とそれ以外の状態とを識別するようにしているから、生体情報値の増加傾向と時間的変動とが両り込まれることになり、睡眠の状態変化を精度よく検出することができるようになるという効果を奏する。

また、請求項2の構成によれば、計測初期における生体情報値に基づいて安静覚醒時における生体情報値とみなせる基準値を設定する基準値設定部と、生体情報値が基準値に基づいて設定された

所定の閾値以下になった時刻を入眠時刻と推定する入眠時刻推定部とを付加しているから、入眠時刻が精度よく判定できるのであって、入眠刺激を与える装置を制御する場合に有用な情報が得られるという利点がある。

さらに、請求項3の構成によれば、睡眠指数がノンレム睡眠期以外であることを示すときに、生体情報値と生体情報値の移動平均値とのうちのいずれか一方が当該区間のある割合以上の点列において、上記基準値以上であるときに覚醒期と判定し、それ以外のときにはレム睡眠期と判定する睡眠状態判定部を設けているから、覚醒刺激を与える装置を制御する場合に有用な情報が得られるという利点がある。

また、請求項4は、睡眠の状態変化検出装置とともに、生体に対して覚醒刺激を与えることができる覚醒刺激発生装置と、起床時刻が設定できる起床時刻設定部と、起床時刻の前になくとも1回設定された計測時刻における睡眠の状態に対応して覚醒刺激発生装置の動作を設定する覚醒刺激

制御部と、覚醒刺激発生装置の動作後に計測された生体情報値に基づいて再入眠したと判定されると覚醒刺激発生装置を再動作させる再入眠判定部とを設けて睡眠状態制御装置を構成しているものであり、計測時刻における睡眠の状態に対応して最適な覚醒刺激を与えることができるから、心地よく目覚めさせることができ、しかも、再入眠判定部を設けることにより、覚醒刺激発生装置の動作後も継続して睡眠状態を計測するとともに、再度入眠しようとするとき再度覚醒刺激を与えることにより、使用者を確実に目覚めさせることができるという利点がある。

4. 図面の簡単な説明

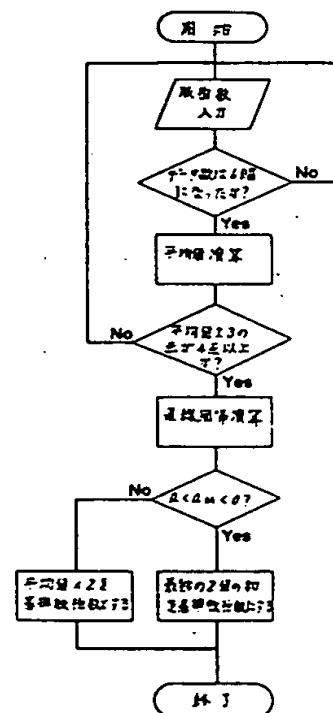
第1図は本発明の実施例を示すブロック図、第2図ないし第5図は同上の動作説明図、第6図は従来例の動作説明図である。

1…計測部、2…基準脈拍数設定部、3…入眠時刻推定部、7…変動指標演算部、8…移動平均算出部、9…変動指数算出部、10…時刻設定部、11…睡眠指数算出部、12…睡眠状態判定部、

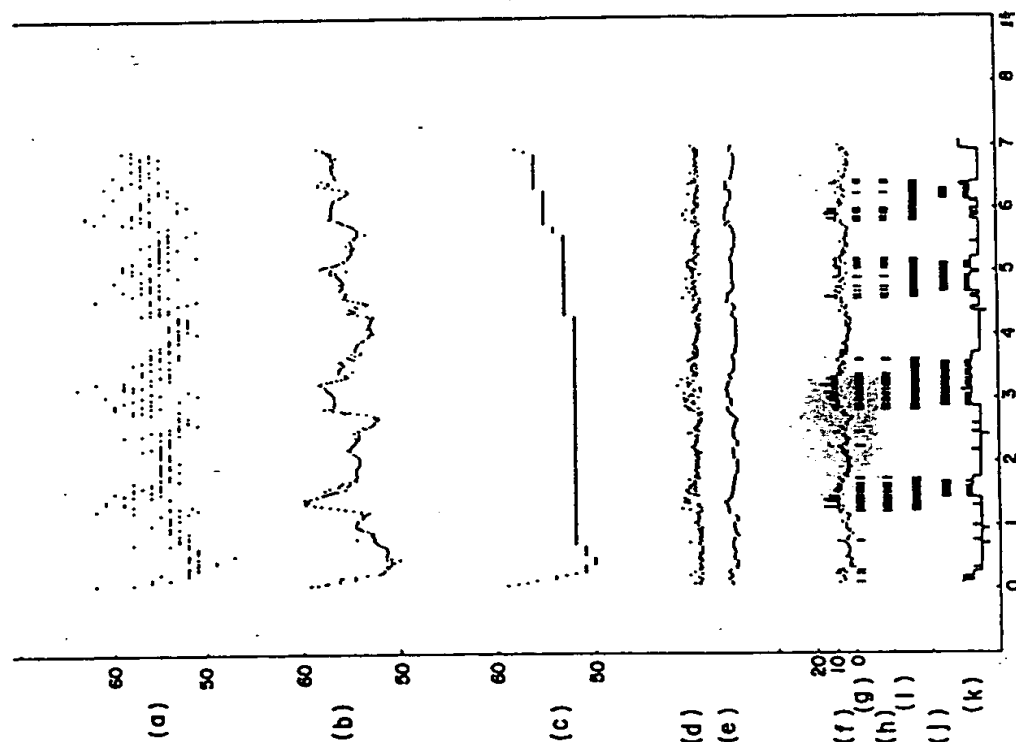
13…覚醒刺激制御部、14…覚醒刺激発生装置、15…再入眠判定部。

代理人 弁理士 石 田 長 七

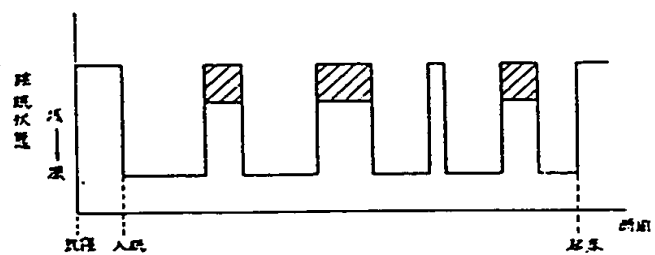
第2図
(a)



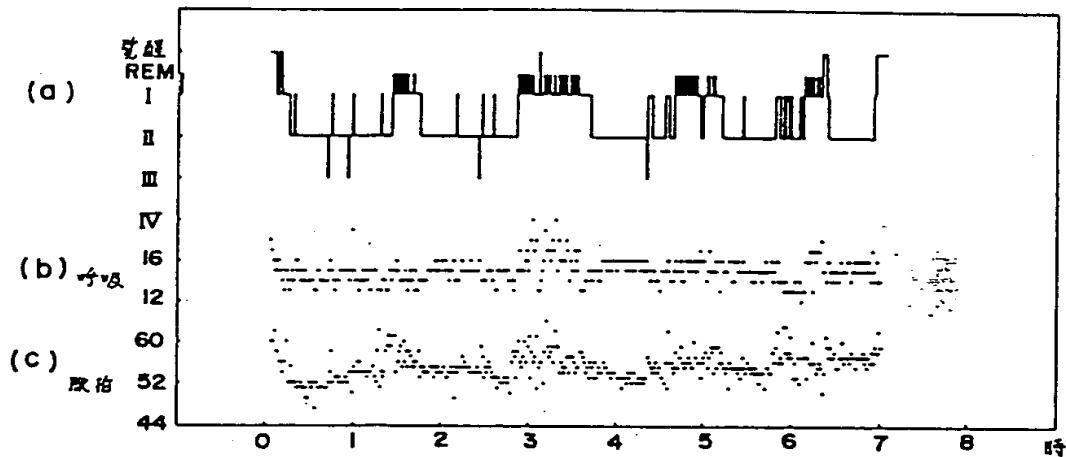
第4図



第5図



第6図



手続補正書（自発）

平成1年9月22日

特許庁長官 殿

1. 事件の表示

平成1年特許願第176425号

2. 発明の名称

睡眠の状態変化検出装置および睡眠状態制御装置

3. 補正をする者

事件との関係 特許出願人

住所 大阪府門真市大字門真1048番地

名称 (583)松下電工株式会社

代表者 三好俊夫

4. 代理人

郵便番号 530

住所 大阪市北区梅田1丁目12番17号

(梅田ビル5階)

氏名 (6176)井理士 石田 長七

〒06(345)7777(代表)

5. 補正命令の日付

自発

6. 補正により増加する請求項の数 なし

7. 補正の対象

明細書

8. 補正の内容

【1】本願発明の特許請求の範囲を以下のように訂正する。

「(1) 単位時間あたりの脈拍数または呼吸数を計測して各時刻の生体情報値とする計測部と、測定時刻を設定する測定時刻設定部と、動作開始時から上記測定時刻までの間の生体情報値の時系列の増加傾向を示す第1の変動量および上記生体情報値の時間的変動を示す第2の変動量に基づいて睡眠状態の変動傾向を表す変動指数を出力する変動指標演算部と、所定の閾値を超える変動指数の分布密度の大小に基づいてノンレム睡眠期とそれ以外の状態とを識別する睡眠指数を与える睡眠指数算出部とを具備して成ることを特徴とする睡眠の状態変化検出装置。

(2) 計測初期における生体情報値に基づいて安静覚醒時における生体情報値とみなせる基準値を設定する基準値設定部と、生体情報値が上記基準値に基づいて設定された所定の閾値以下になった時刻を入眠時刻と推定する入眠時刻推定部とが付加されて成ることを特徴とする請求項1に記載の

特許庁
1.9
土

睡眠の状態変化検出装置。

(3) 上記睡眠指数がノンレム睡眠期以外であることを示すときに、生体情報値と生体情報値の移動平均値とのうちのいずれか一方が当該区間内のある割合以上の点列において、上記基準値以上であるときに覚醒期と判定し、それ以外のときにはレム睡眠期と判定する睡眠状態判定部を備えて成ることを特徴とする請求項2に記載の睡眠の状態変化検出装置。

(4) 請求項3に記載の睡眠の状態変化検出装置を備え、生体に対して覚醒刺激を与えることができる覚醒刺激発生装置と、起床時刻が設定できる起床時刻設定部と、起床時刻の前に少なくとも1回設定された測定時刻における睡眠の状態に対応して覚醒刺激発生装置の動作を設定する覚醒刺激制御部と、覚醒刺激発生装置の動作後に計測された生体情報値に基づいて再入眠したと判定されると覚醒刺激発生装置を再動作させる再入眠判定部とを具備して成ることを特徴とする睡眠状態制御装置。」

[8] 同上第22頁第12行乃至第13行の「不連続点」を、「孤立点」と訂正する。

[9] 同上第23頁第6行、第24頁第15行の「計測時刻」を、それぞれ「測定時刻」と訂正する。

[10] 同上第24頁第18行の「計測」を、「測定」と訂正する。

[11] 同上第29頁第2行の「回数に基づいて」を、「回数などの情報に基づいて」と訂正する。

[12] 同上第29頁第16行の「測定」を、「計測」と訂正する。

[13] 同上第29頁第17行、同頁第18行、同頁第19行、第30頁第7行、第31頁第19行、第32頁第5行、第32頁第9行の「計測」を、それぞれ「測定」と訂正する。

[14] 同上第32頁第16行の「従来例の動作説明図」を、「睡眠状態変化に伴う生体信号変化を示す説明図」と訂正する。

[2] 本願明細書第4頁第10行の「計測設備」を、「測定設備」と訂正する。

[3] 同上第7頁第12行乃至第14行を、以下のように訂正する。

「時間あたりの脈拍数または呼吸数を計測して各時刻の生体情報値とする計測部と、測定時刻を設定する測定時刻設定部と、動作開始時から上記測定」

[4] 同上第8頁第20行、第9頁第9行、第11頁第1行、第11頁第7行の「計測時刻」を、それぞれ「測定時刻」と訂正する。

[5] 同上第11頁第12行の「計測」を、「測定」と訂正する。

[6] 同上第17頁第19行の「移動平均値に代える。」を、「移動平均値の初期値として近似的に算出する。」と訂正する。

[7] 同上第18頁第1行、同頁第4行、同頁第6行、同頁第7行、同頁第8行、同頁第9行、同頁第10行、同頁第14行、同頁第15行の「計測」を、それぞれ「測定」と訂正する。